

实验7 一阶RC电路的暂态响应

(P. 243-250)

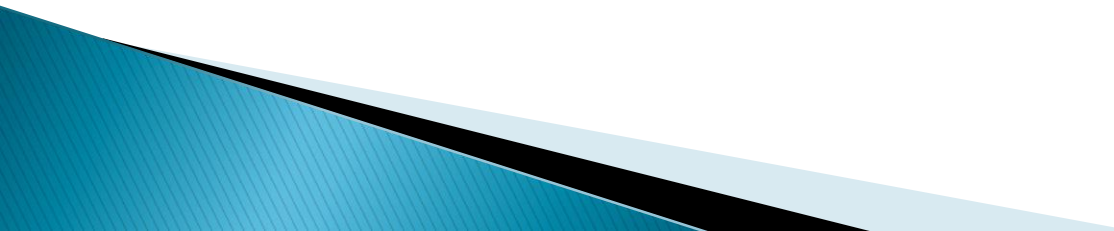
一、实验目的：

- 1、熟悉一阶RC电路的零状态响应、零输入响应和全响应。
- 2、研究一阶电路在阶跃激励和方波激励情况下，响应的基本规律和特点。
- 3、掌握积分电路和微分电路的基本概念。
- 4、研究一阶动态电路阶跃响应和冲激响应的关系
- 5、从响应曲线中求出RC电路时间常数 τ 。

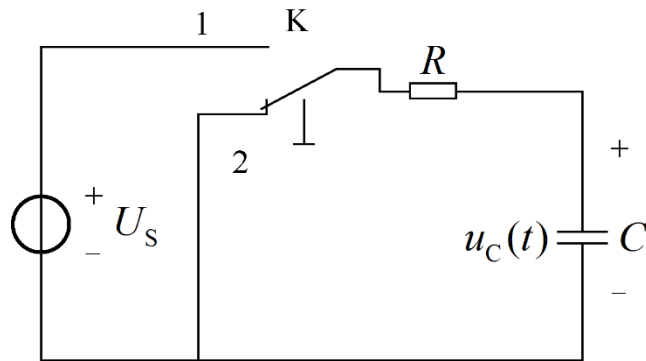
二、实验原理：

- 1、零输入响应：指输入为零，初始状态不为零所引起的电路响应。
- 2、零状态响应：指初始状态为零，而输入不为零所产生的电路响应。
- 3、完全响应：指输入与初始状态均不为零时所产生的电路响应。

仿真预习：P. 128仿真实验1



一阶 RC 电路的响应

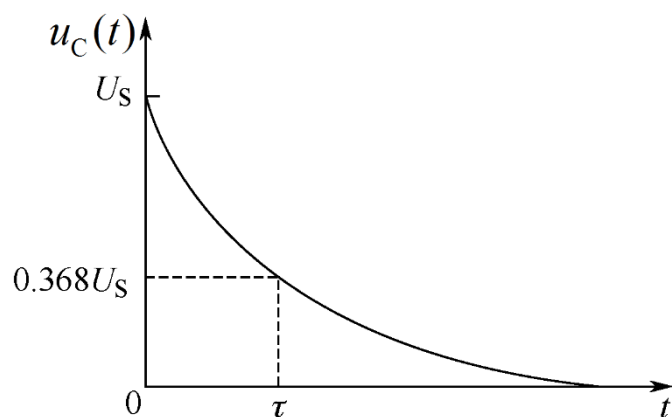


零输入响应: $u_C(t) = U_S e^{-\frac{t}{\tau}}$ ($t \geq 0$, $\tau = RC$)

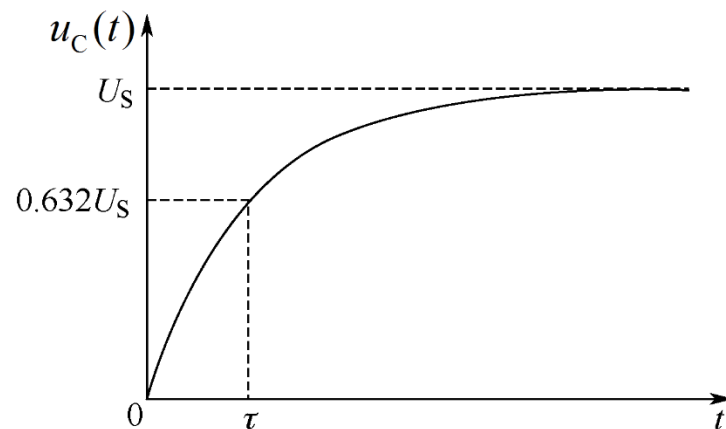
零状态响应: $u_C(t) = U_S (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ ($t \geq 0$, $\tau = RC$)

全响应: $u_C(t) = U_S + [u_C(0+) - U_S] e^{-\frac{t}{\tau}}$ ($t \geq 0$, $\tau = RC$)

零输入、零状态响应曲线图



一阶 RC 电路零输入响应



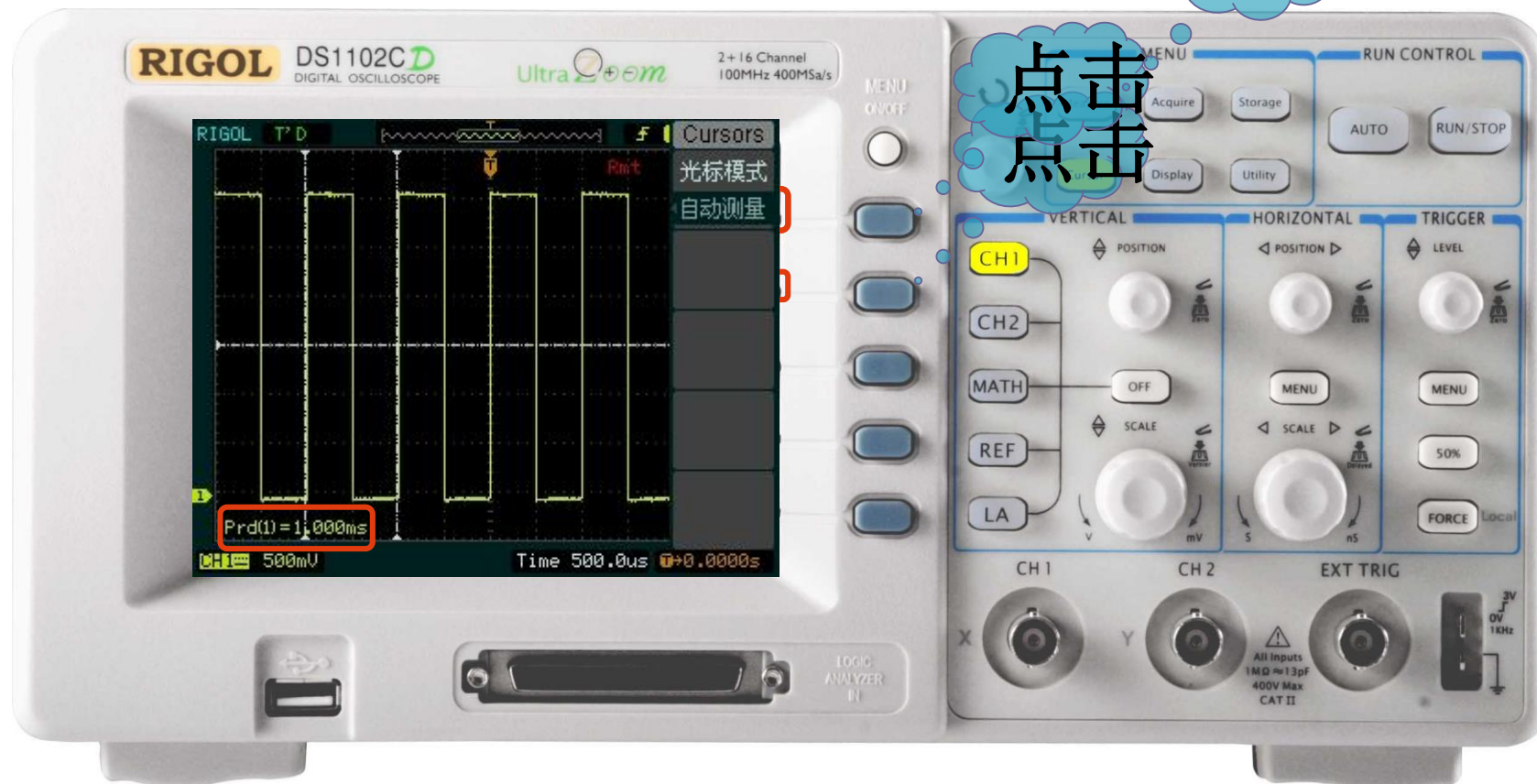
一阶 RC 电路零状态响应

三、实验仪器设备：

- 1、信号源
- 2、DG08动态实验单元
- 3、示波器

点击

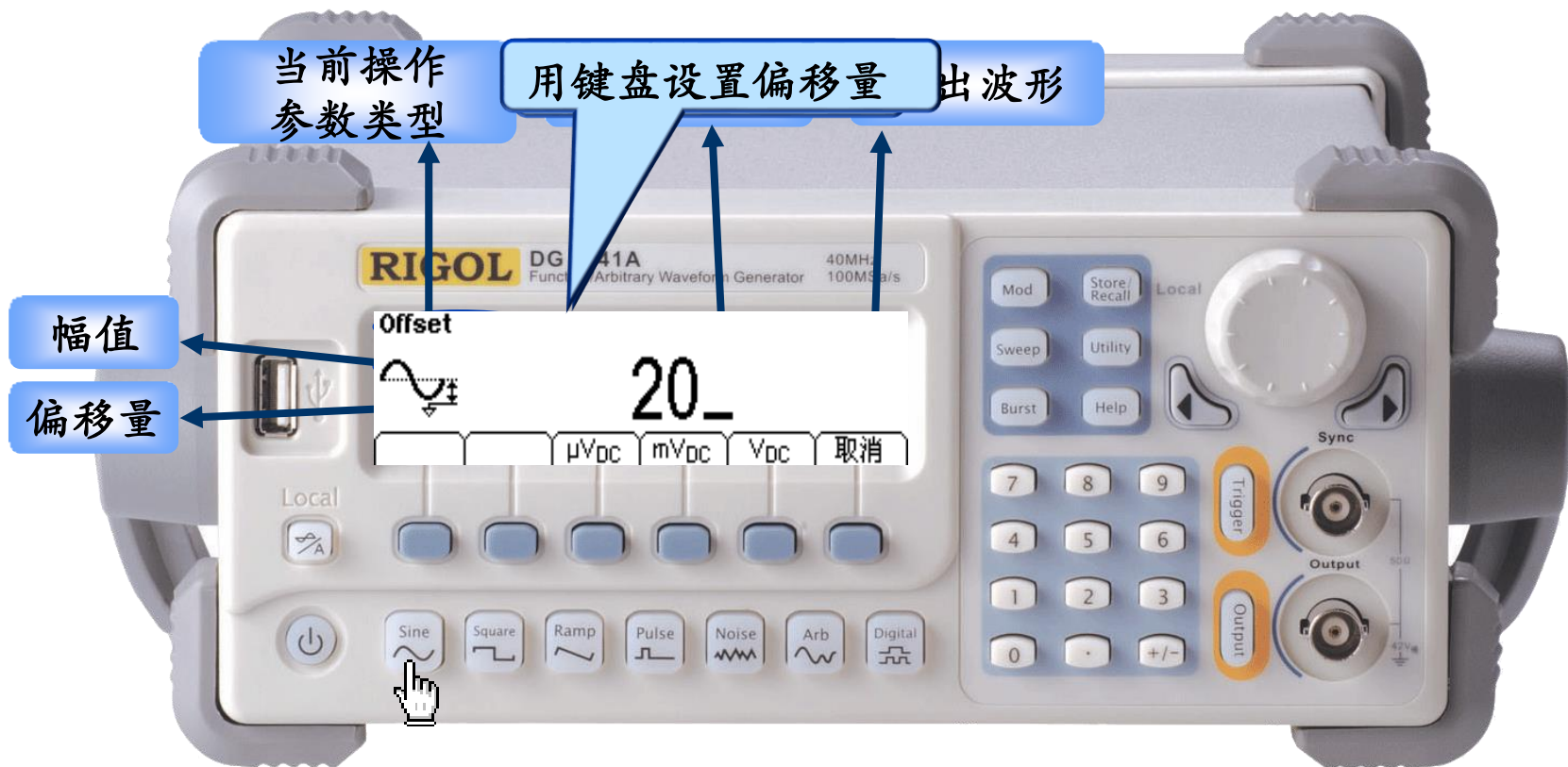
点击
点击



设置触发系统



设置正弦波



DG08 (KNX2x2开关使用前先检测, 轻轻多拨动有利于接触良好!)
(206房间)





DG08实验组件

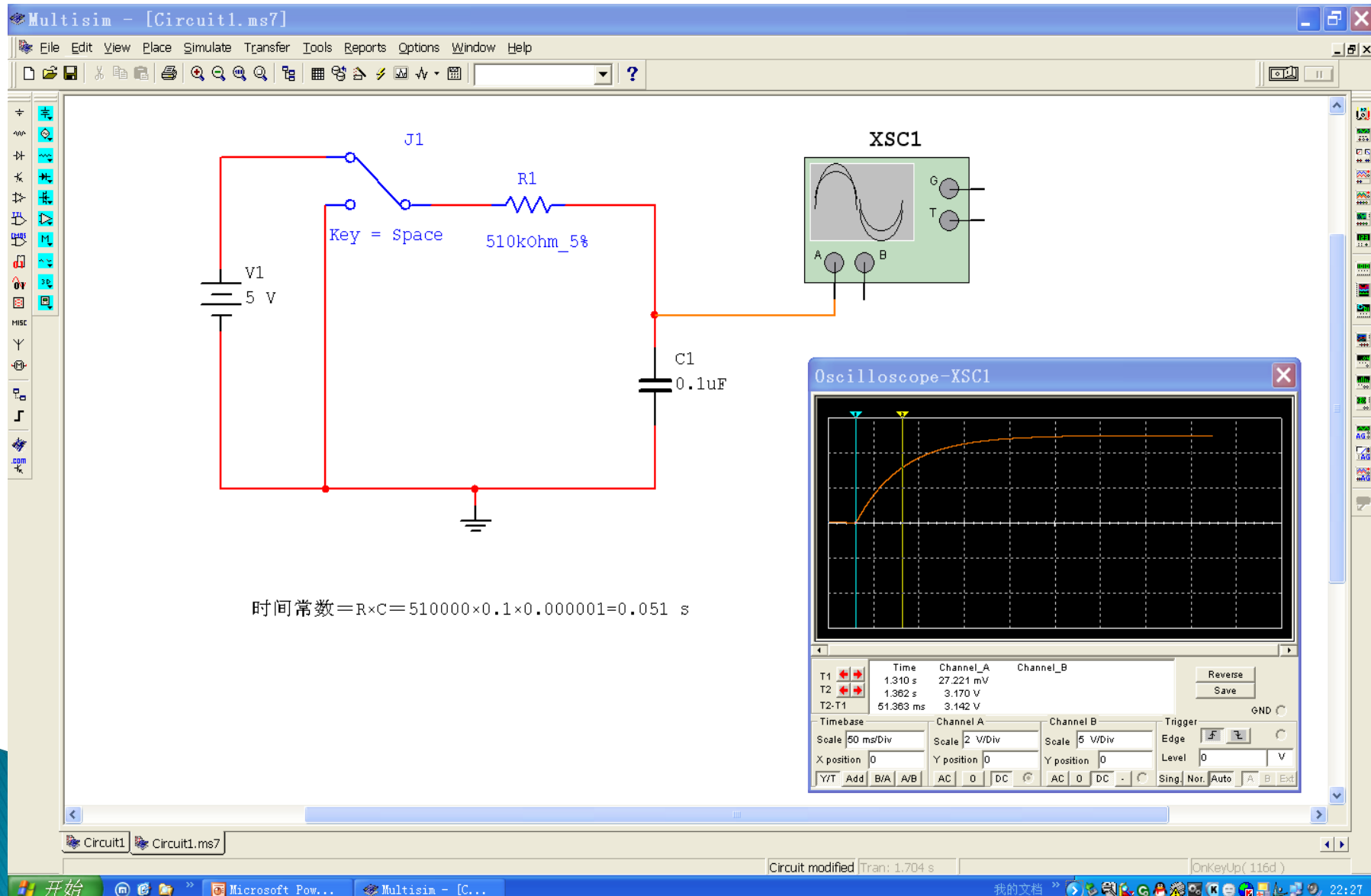
四、实验任务：

- 1、利用Multisim软件仿真，了解电路参数和响应波形之间的关系，并通过虚拟示波器的调节熟悉时域测量的基本操作。
- 2、实际操作实验。

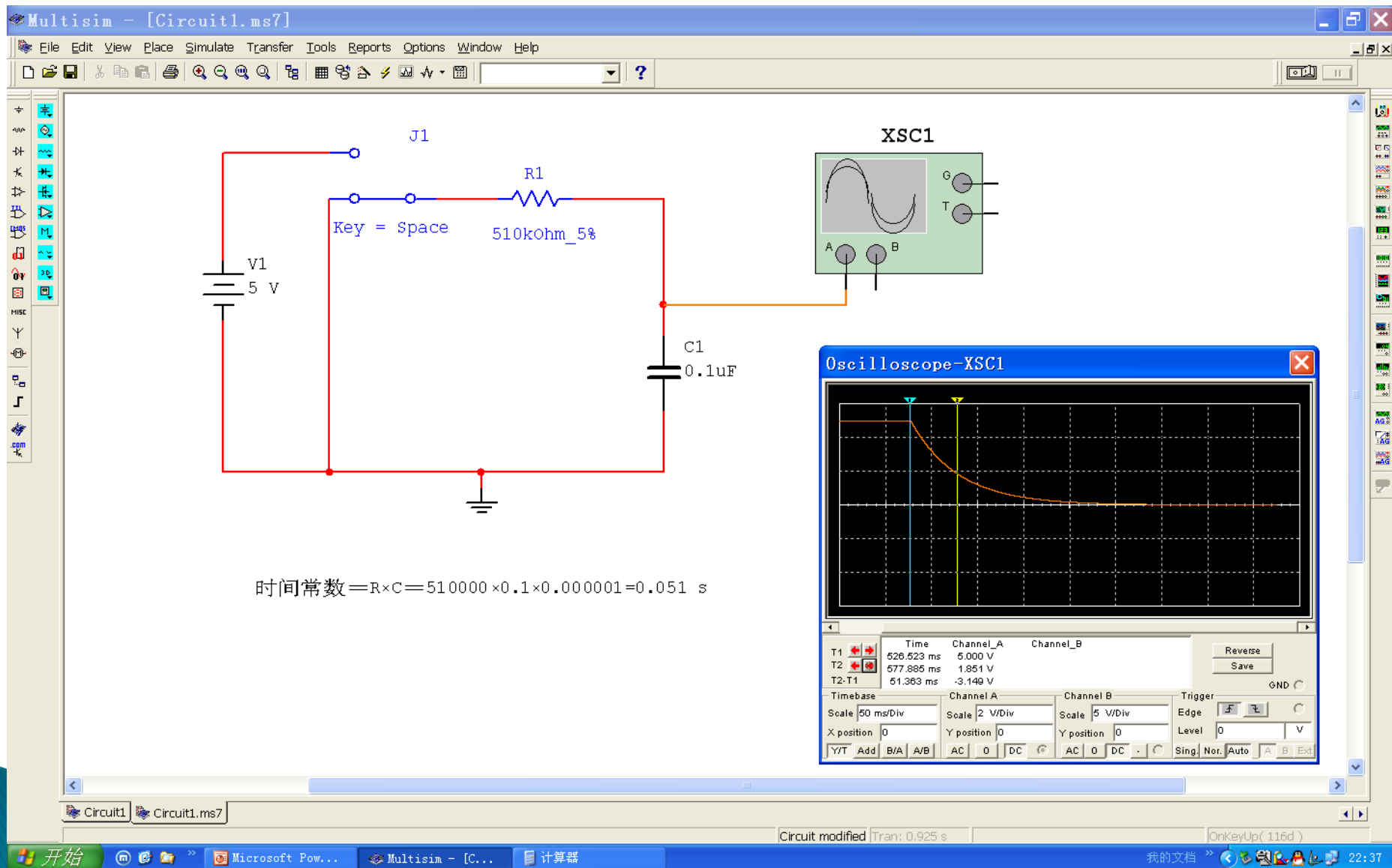
实验任务1：仿真实验

例1. RC电路零输入响应、零状态响应仿真及时间常数的确定。（题见P. 129例1）

零状态响应及其时间常数的确定



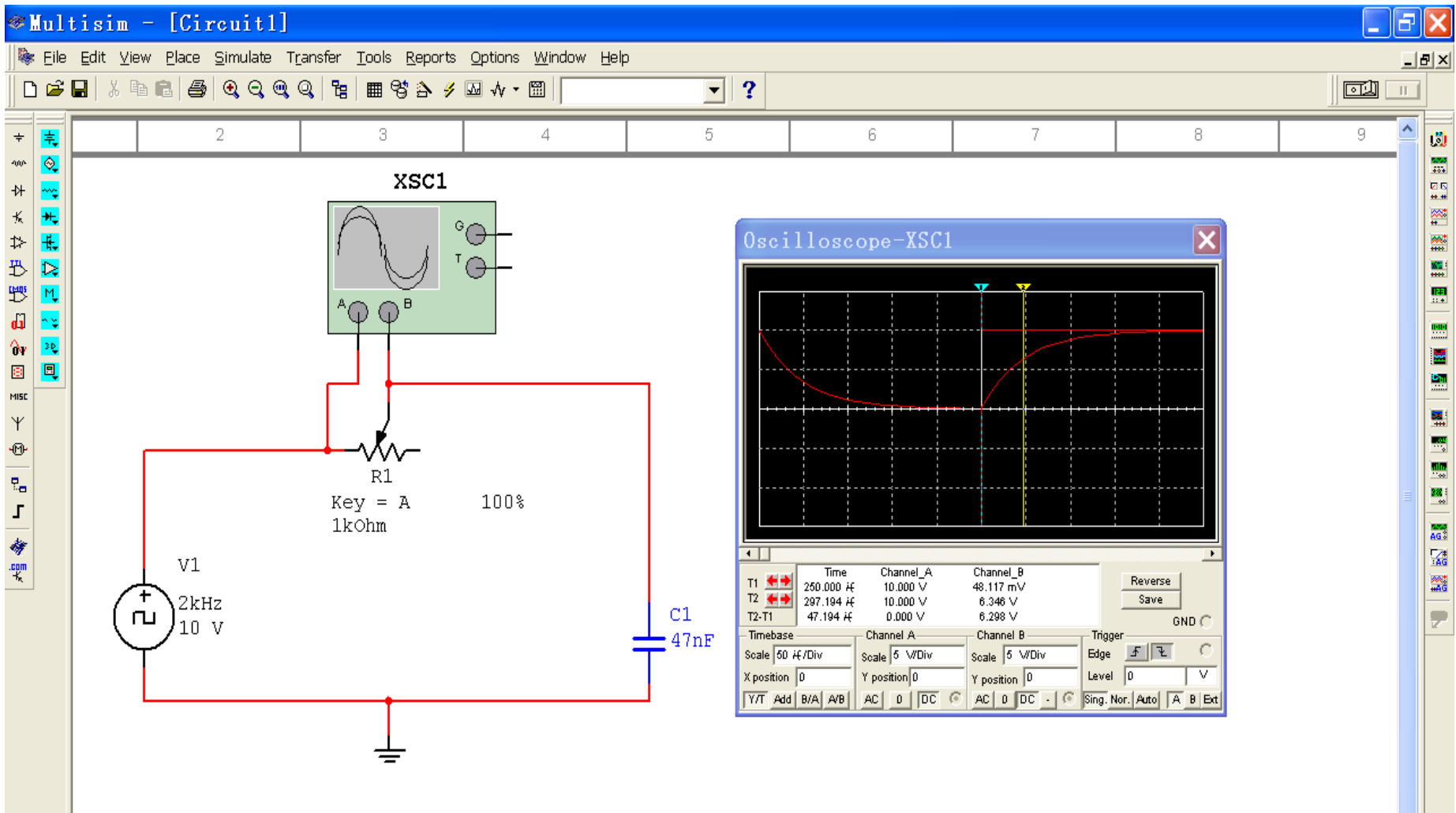
零输入响应及其时间常数的确定



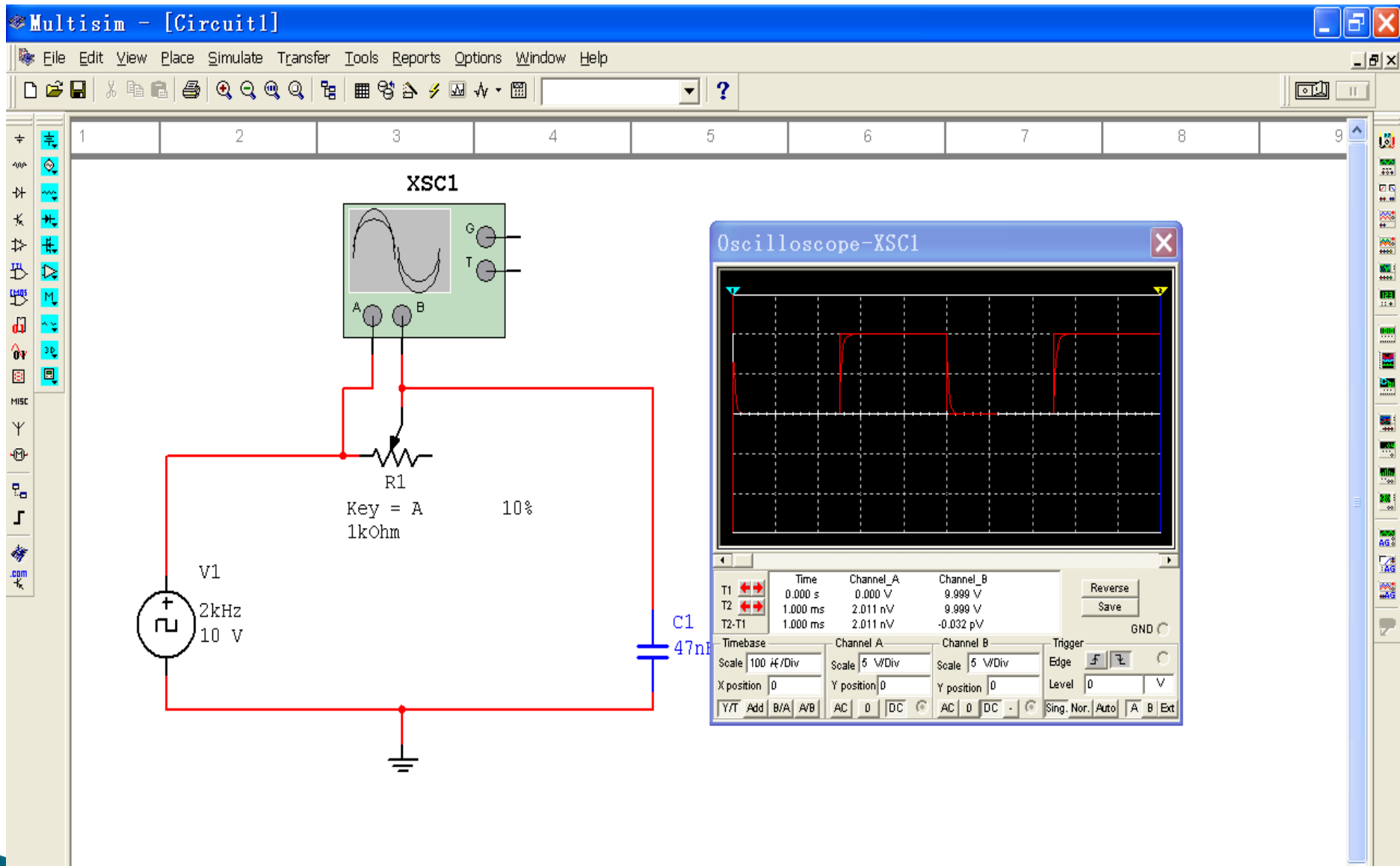
例2. 方波电路零输入响应、零状态响应仿真及时间常数的确定。（题见P. 129例2，R改为1k Ω ）

本例题的实验任务和目的：

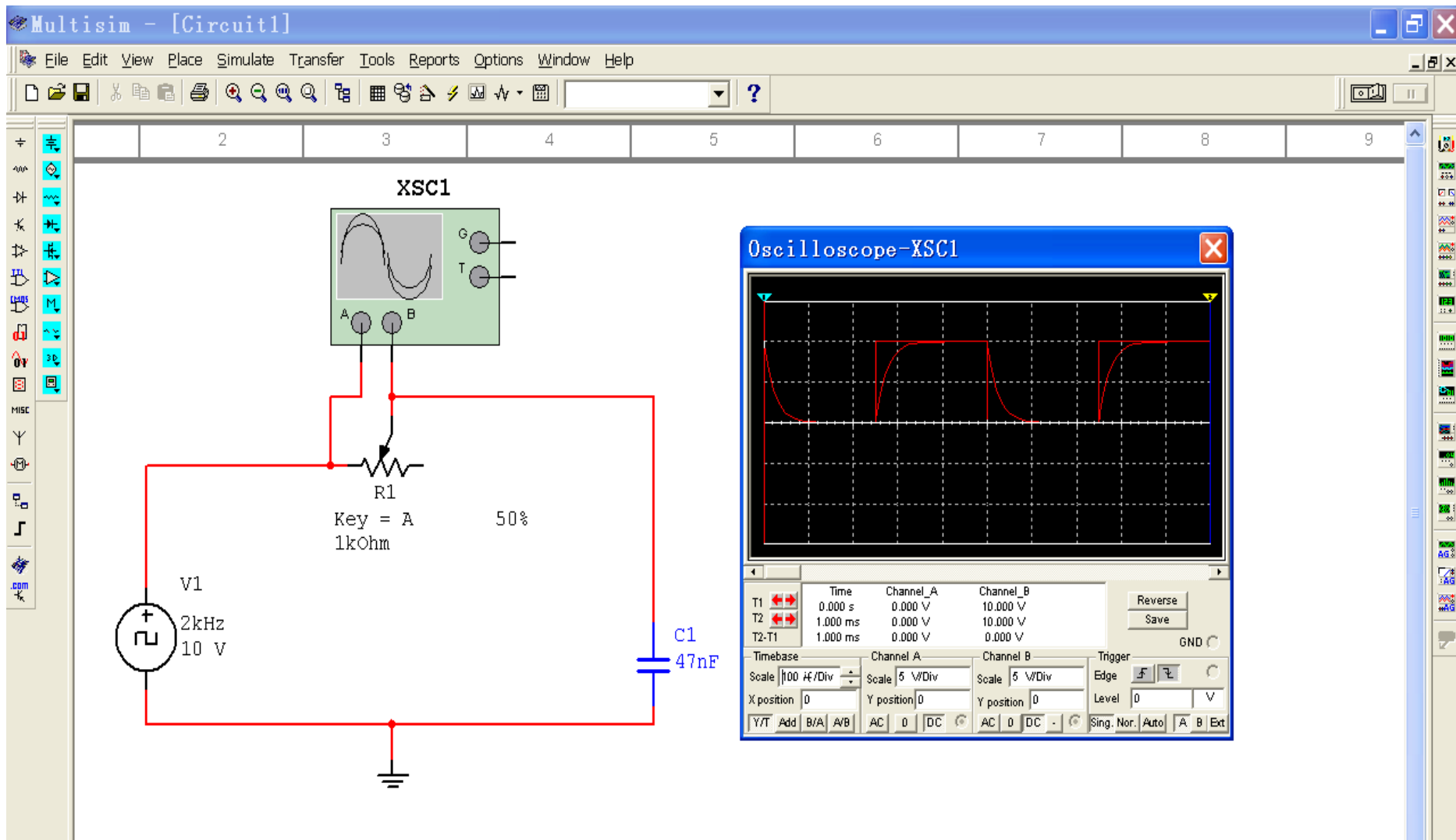
1. 进一步熟悉信号源和示波器的调节方法。
2. 观察零输入响应和零状态响应波形。
3. 测量时间常数。
4. 观察电路时间常数或方波周期改变时（改变 τ 和 T 的关系）输出波形的变化。



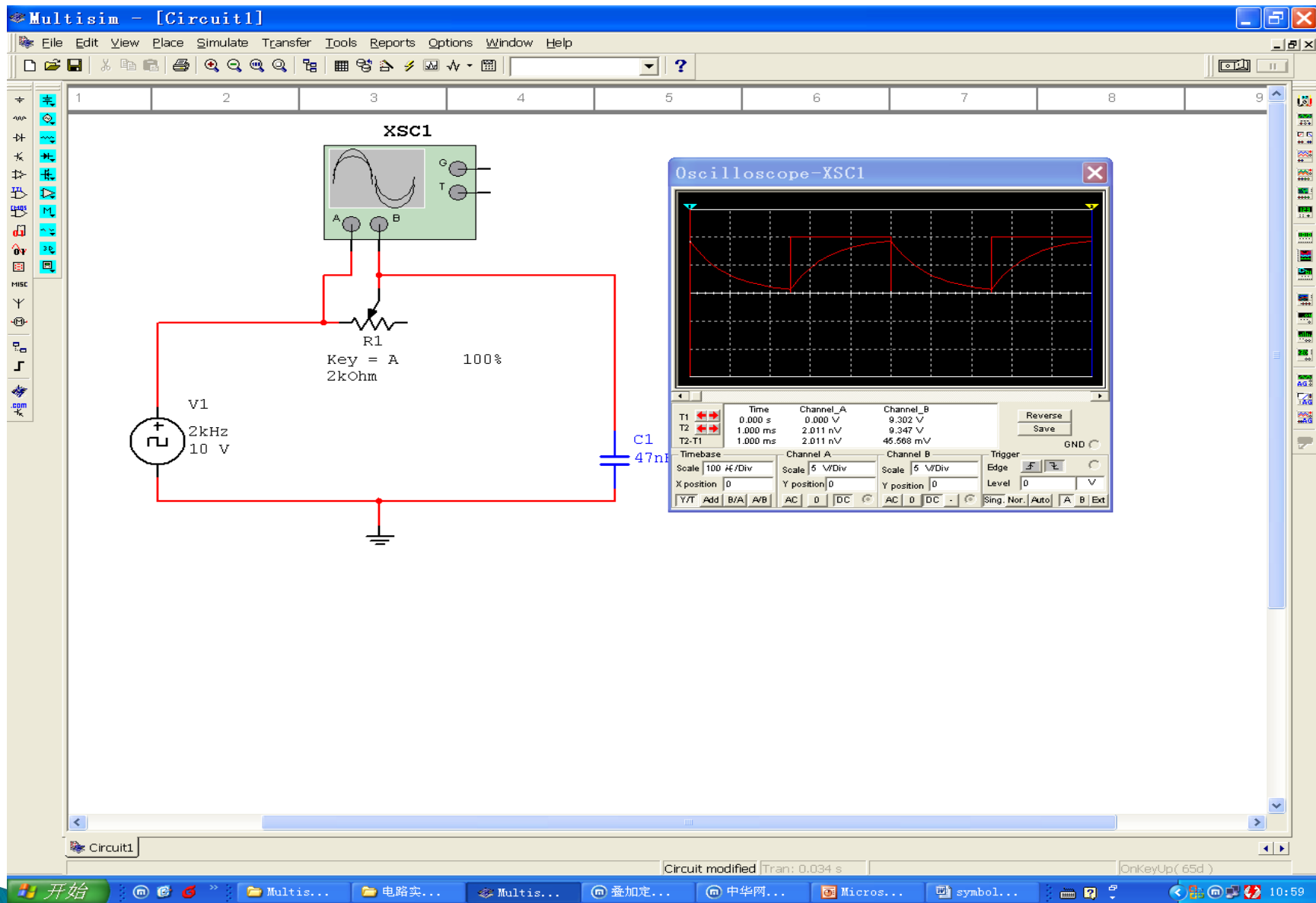
时间常数为 $\tau=0.1T$ 。



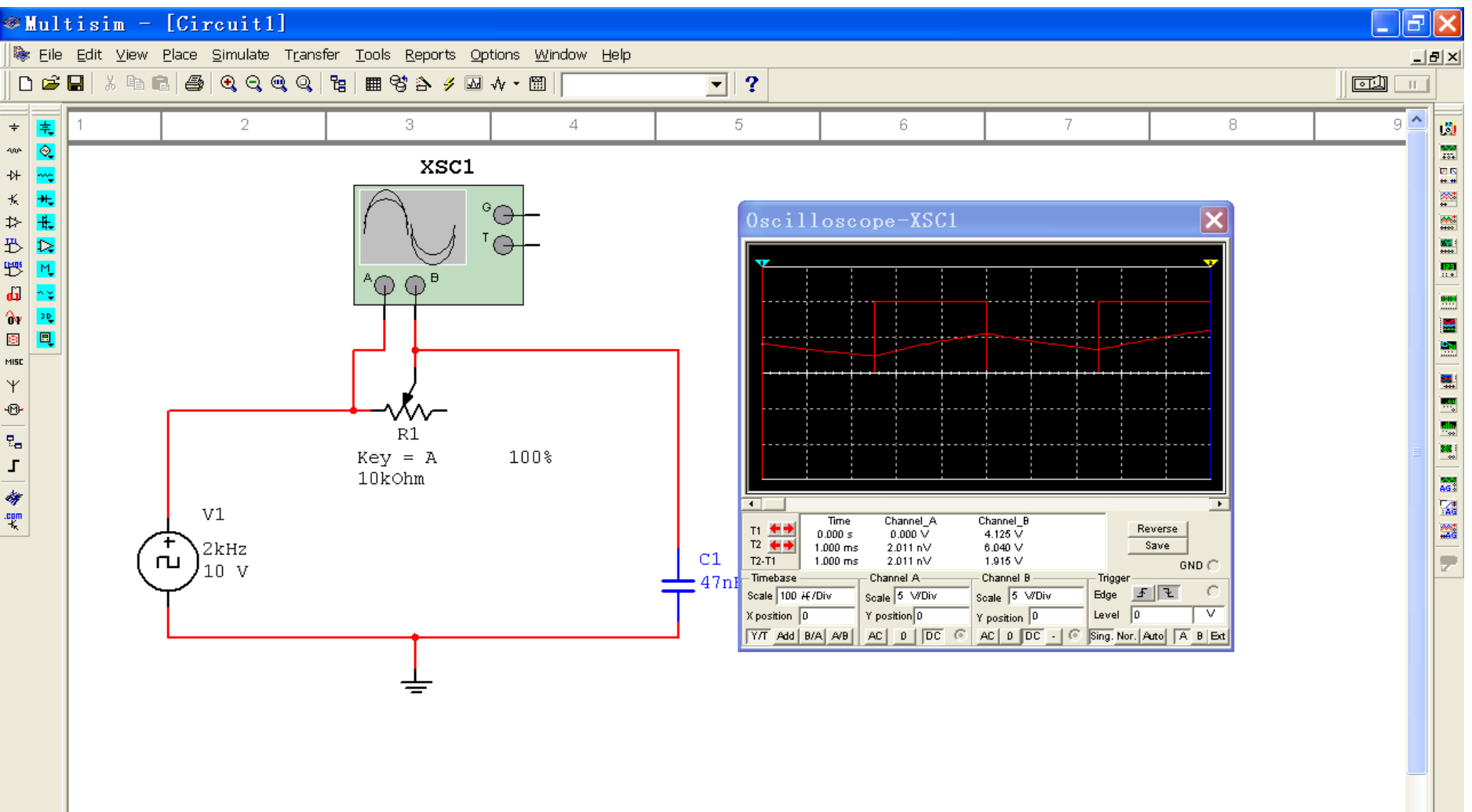
时间常数为 $\tau = 0.01T$ 。



时间常数为 $\tau = 0.05T$ 。



时间常数为 $\tau=0.2T$

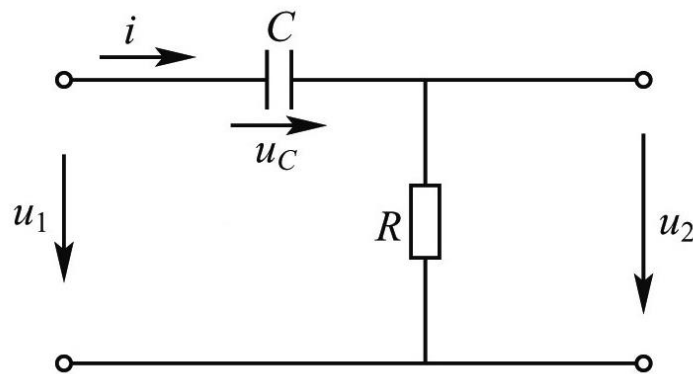


时间常数为 $\tau = T$

微分电路和积分电路

一、微分电路

如图 RC 电路，当输出电压取自电阻两端时，对于高频信号，可用作耦合电路，而对于低频信号则可实现微分运算。

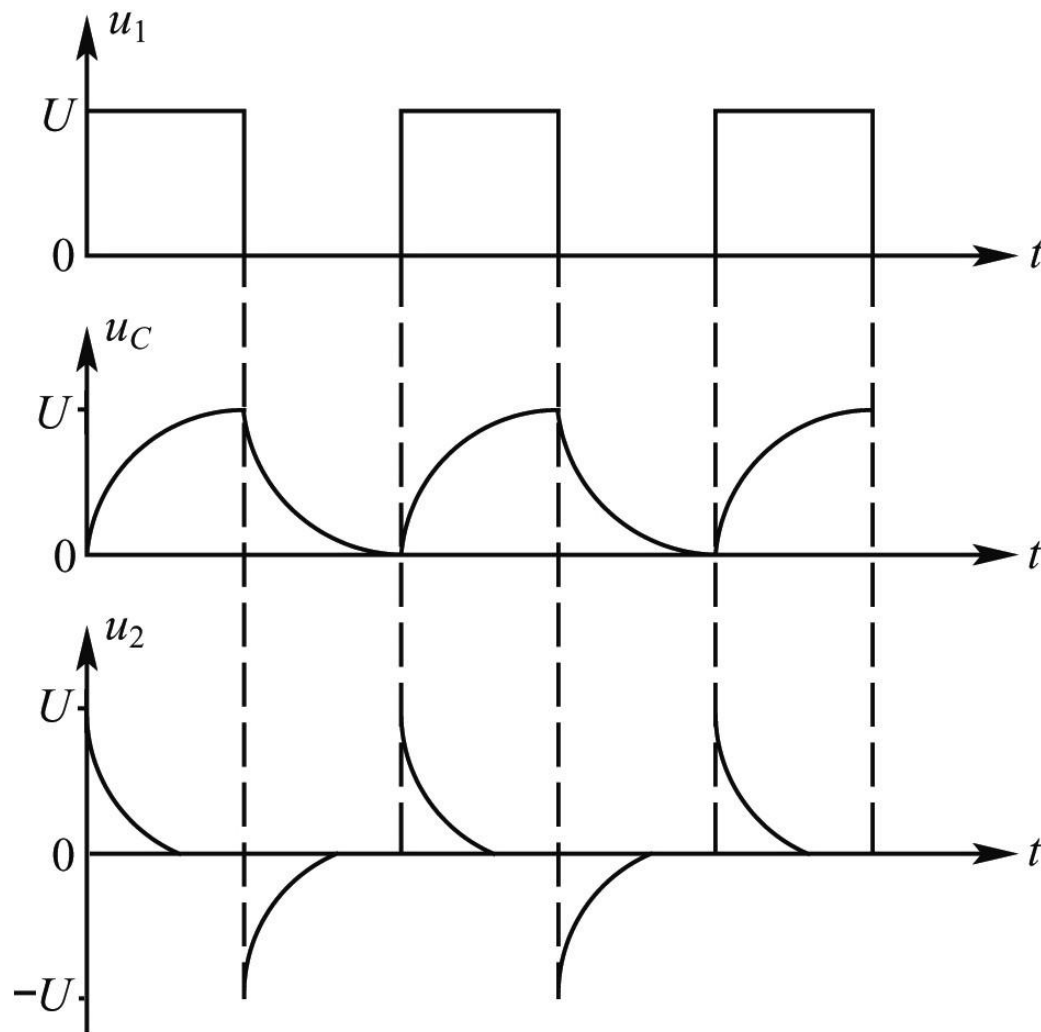


$$\text{低频时, 容抗 } X_C = \frac{1}{2\pi fC} \gg R \quad \Rightarrow \quad u_C \approx u_1$$

$$\Rightarrow i = C \frac{du_C}{dt} \approx C \frac{du_1}{dt}$$

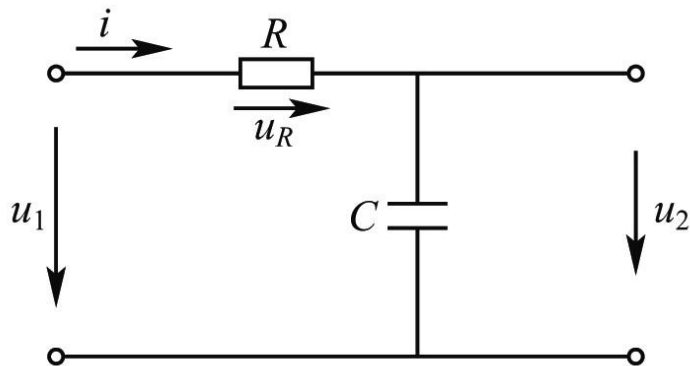
$$\Rightarrow \text{输出电压 } u_2 = Ri \approx RC \frac{du_1}{dt} \propto \frac{du_1}{dt}$$

对于低频信号，时间常数 $\tau \ll T$



二、积分电路

如图 RC 电路，当输出电压取自电容两端时，对于高频信号，则可实现积分变换。

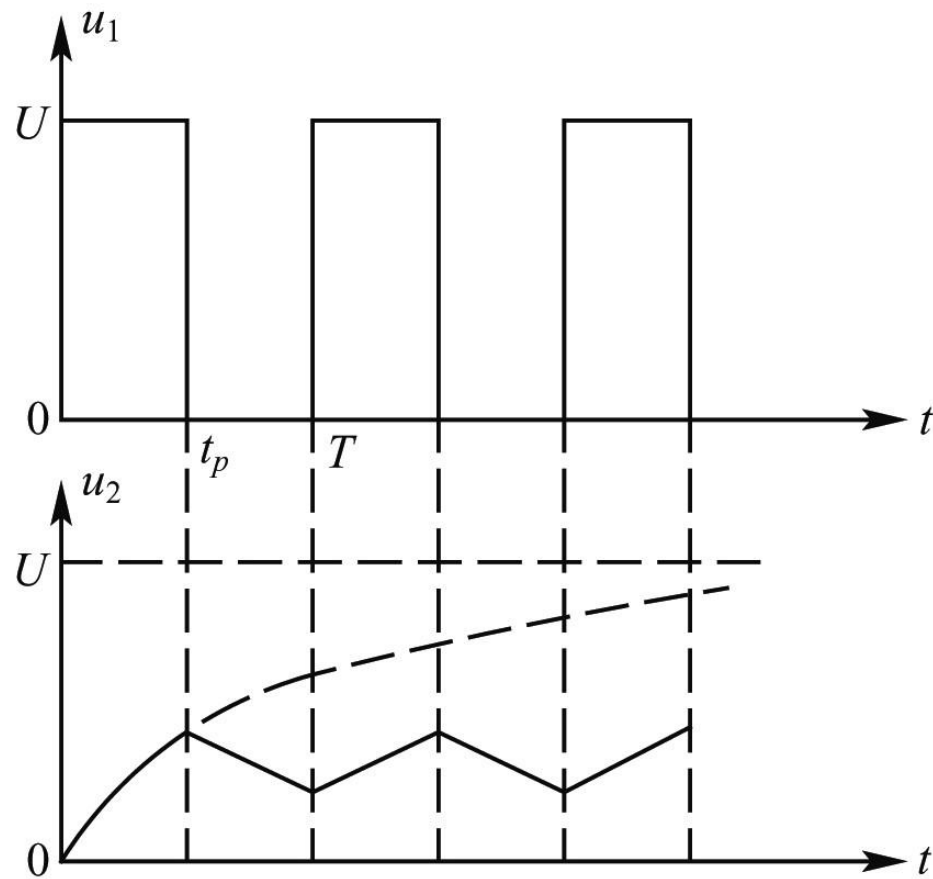


高频时，容抗 $X_C = \frac{1}{2\pi fC} \ll R \quad \Rightarrow \quad u_R \approx u_1$

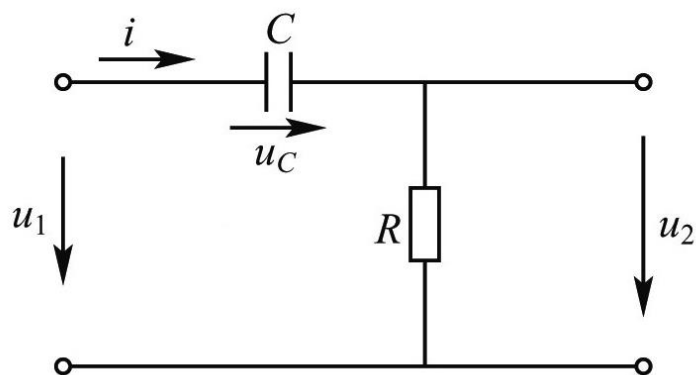
$\Rightarrow \quad i = \frac{u_R}{R} \approx \frac{u_1}{R}$

$\Rightarrow \quad \text{输出电压 } u_2 = u_C = \frac{1}{C} \int i dt \approx \frac{1}{RC} \int u_1 dt$

对于高频信号，时间常数 $\tau \gg T$

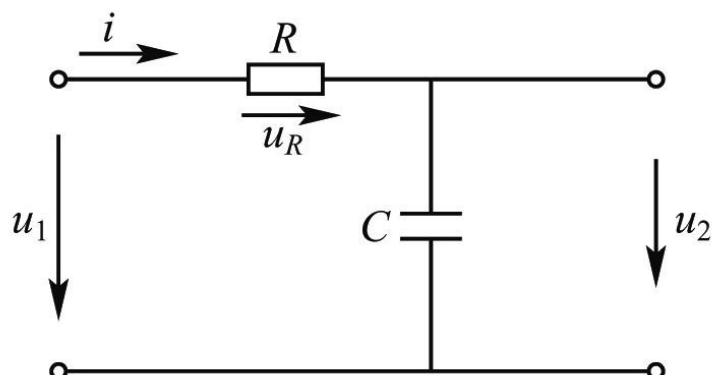


2. 选择合适的 R 、 C 值组成微分电路和积分电路，接入方波电压信号源，在示波器上观察比较输入、输出波形；比较改变时间常数后波形的变化情况。（ $T \ll \tau$ 、 $T = \tau$ 、 $T \gg \tau$ 三种）



$$R = 1\text{k}\Omega \quad C = 0.1\mu\text{F}$$

微分电路

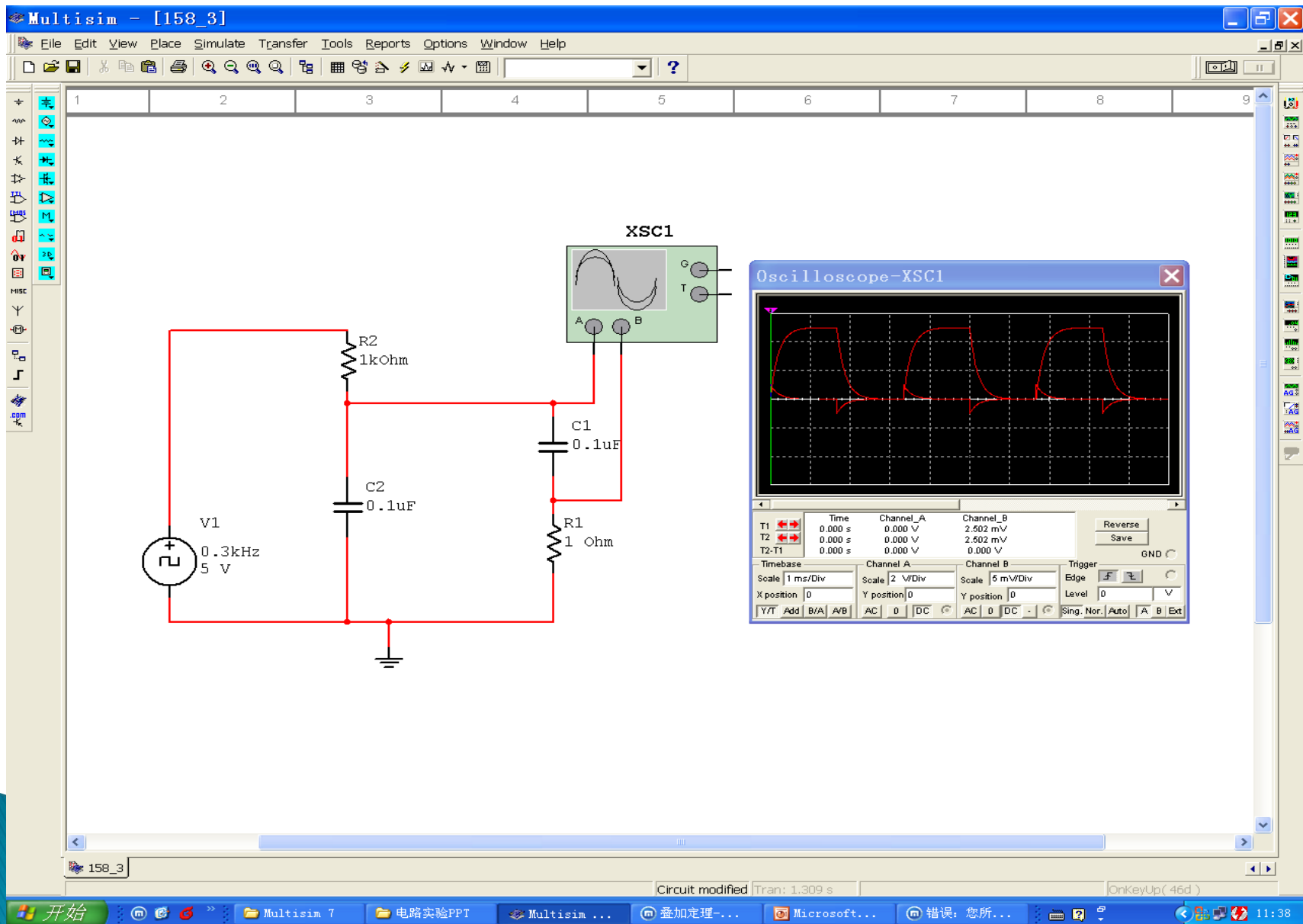


$$R = 1\text{k}\Omega \quad C = 1\mu\text{F}$$

积分电路

为便于比较，信号源电压 $U_{pp}=5\text{V}$ ，频率 $f=1000\text{Hz}$ ，即 $T=1\text{ms}$ 保持不变。通过改变电容或电阻大小实现时间常数的大小（根据实验板的元器件，发现改变电容大小最方便）。

例3：同时观测阶跃和冲激响应电路的仿真。

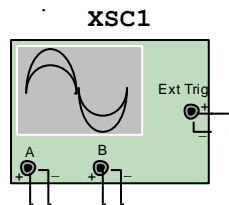


实验任务2：实际操作实验

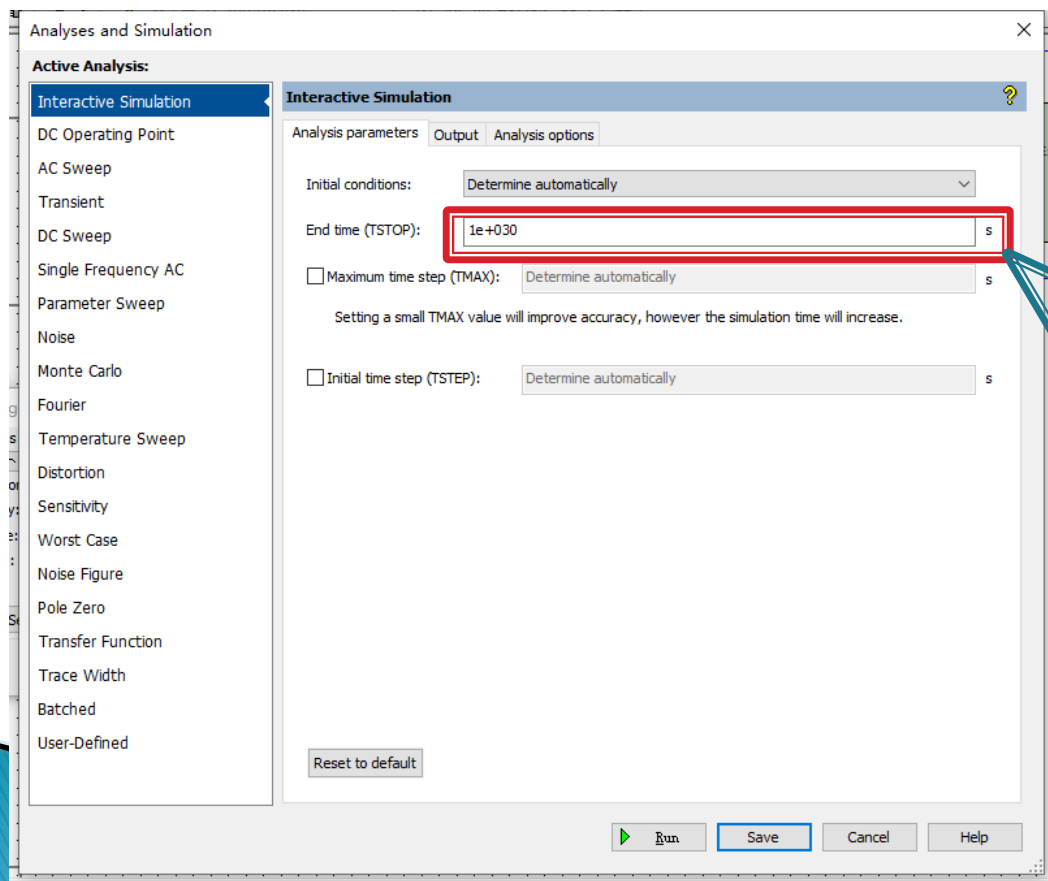
1. 利用DG08动态电路板上的R、C元件组成RC充放电电路（P. 243 图7-6-1），在示波器上观察零输入响应、零状态响应和全响应曲线，测取电路时间常数（与理论值比较）。
2. 选择合适的R、C值组成积分电路和微分电路（P. 247 图7-6-7），接入单极性方波电压信号，在示波器上观察比较输入和输出波形；比较改变时间常数后波形的变化情况。
3. 利用示波器观察RC电路（P. 247 图7-6-9）的阶跃响应和冲激响应。

仿真时示波器类型的选择

- ▶ 要直接测量时间常数时，用波器比较方便。

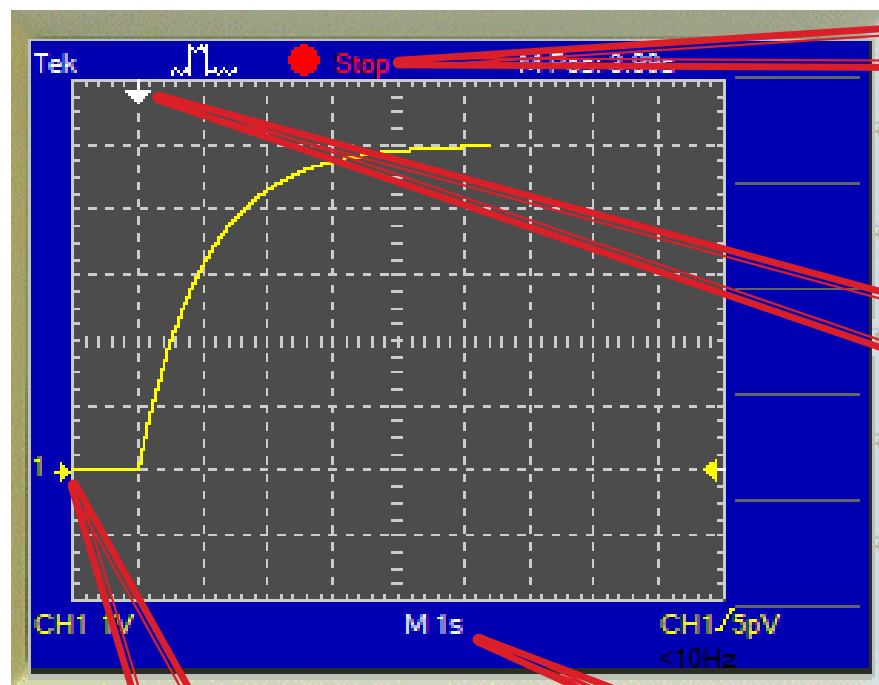


这个类型的示



参数大小
根据需要
修改

实物实验时示波器的参考点设置



**STOP
键**

往左挪

往下挪

时间足够大

五、实验报告：

- 1、回答P250的预习思考题。
- 2、根据实验观测结果，在方格纸上画出一阶RC电路充放电时电容电压和电流的变化曲线，由曲线测得时间常数，并与计算结果比较，分析误差原因。
- 3、根据观测结果，归纳、总结积分电路和微分电路的形成条件，说明波形变换的特征。
- 4、观察和比较一阶电路的阶跃和冲激响应。

▶ 冬学期实验到212房间